

CLIPPEDIMAGE= JP403137504A

PAT-NO: JP403137504A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 03137504 A

TITLE: ULTRASONIC SYSTEM FOR MEASURING FILM THICKNESS

PUBN-DATE: June 12, 1991

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

TODA, KATSUYUKI

KINOSHITA, TAKESHI

MIYAJIMA, TAKESHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

ELECTRIC POWER DEV CO LTD

N/A

KAIHATSU DENKI KK

N/A

HITACHI CONSTR MACH CO LTD

N/A

APPL-NO: JP01275346

APPL-DATE: October 23, 1989

INT-CL (IPC): G01B017/00

US-CL-CURRENT: 73/632

ABSTRACT:

PURPOSE: To measure a film thickness by applying an FFT processing

on an echo  
reception signal obtained by a transmission pulse containing pulse  
components  
of low and high frequencies and by normalizing one of two peak values  
on the  
low/high frequency side obtained from the data obtained through  
processing,  
with the other of the values used as a basis.

**CONSTITUTION:** An ultrasonic probe 13 of large damping being used, an  
ultrasonic  
transmission pulse containing pulse components of frequencies being  
low and  
high is emitted and the ultrasonic wave is made to invade into bodies  
(15, 14)  
to be inspected. A reception signal of a surface echo or an underside  
echo  
obtained from the bodies is subjected to Fourier transform (FFT), a first  
peak  
value and a second peak value higher than the first are obtained in the  
data  
obtained through the FFT processing, and based on a value obtained by  
normalizing one of the two peak values with the other used as a basis,  
the  
thickness of the coating film 14 is measured. By this system, the  
thickness of  
plating or the like can be measured easily by the ultrasonic wave  
irrespective  
of whether the body to be inspected is located inside or outside.

**COPYRIGHT:** (C)1991,JPO&Japio

## ⑫ 公開特許公報(A) 平3-137504

⑮ Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成3年(1991)6月12日

G 01 B 17/00

Z

8304-2F

審査請求 未請求 請求項の数 5 (全10頁)

⑮ 発明の名称 超音波膜厚測定方式

⑯ 特 願 平1-275346

⑰ 出 願 平1(1989)10月23日

⑱ 発 明 者	戸 田 勝 之	東京都中央区銀座6丁目15番1号 電源開発株式会社内
⑱ 発 明 者	木 下 毅	東京都千代田区九段北4丁目2番5号 開発電気株式会社内
⑱ 発 明 者	宮 島 猛	茨城県土浦市神立町650番地 日立建機株式会社土浦工場内
⑲ 出 願 人	電源開発株式会社	東京都中央区銀座6丁目15番1号
⑲ 出 願 人	開発電気株式会社	東京都千代田区九段北4丁目2番5号
⑲ 出 願 人	日立建機株式会社	東京都千代田区大手町2丁目6番2号
⑲ 代 理 人	弁理士 梶山 信是	外1名

## 明 細 書

1. 発明の名称 超音波膜厚測定方式

2. 特許請求の範囲

(1) 表面側又は底面側が母材よりも超音波減衰量の大きな膜で被覆された被検体の被覆膜の厚さを超音波により測定するものであって、ダンピングの大きい超音波探触子を使用して周波数のパルス成分と高い周波数のパルス成分とを含む送信超音波パルスを放射し、前記被検体に超音波を侵入させて前記被検体から得られる表面エコー又は底面エコーの受信信号をフーリエ変換し、このフーリエ変換したデータにおいて低い周波数の側の第1のピーク値とこれより高い周波数の側の第2のピーク値とを得て第1のピーク値及び第2のピーク値の一方を基準として他方を正規化した値に基づき前記被覆膜の厚さを測定することを特徴とする超音波膜厚測定方式。

(2) 正規化した値は、第1のピーク値に対する第2のピーク値の割合であることを特徴とする請求項1記載の超音波膜厚測定方式。

(3) 正規化した値は、第1のピークのdB値から第2のピークのdB値を引いたdB差であって、測定する被検体と同様な試験片について被覆された膜の厚さと前記dB差との関係を実測した特性グラフ又はこれに対応するテーブルに基づき前記被覆された膜の厚さを測定することを特徴とする請求項1記載の超音波膜厚測定方式。

(4) 表裏両面に母材よりも超音波減衰量の大きなメッキ層を有する被検体のメッキ層の厚さを超音波により測定するものであって、ダンピングの大きい超音波探触子を使用して周波数のパルス成分と高い周波数のパルス成分とを含む送信超音波パルスを放射し、前記被検体に超音波を侵入させて前記被検体から得られる底面エコーの受信信号をフーリエ変換し、このフーリエ変換したデータにおいて低い周波数の側の第1のピーク値とこれより高い周波数の側の第2のピーク値とを得て、第1のピーク値と第2のピーク値とのdB差を求め、測定する被検体と同様な試験片についてメッキ厚さと前記dB差との関係を実測した特性グラフ又は

これに対応するテーブルに基づき前記メッキ層の厚さを測定することを特徴とする両面のメッキ厚さについての超音波膜厚測定方式。

(5) 表面側と内面側とに母材よりも超音波減衰量の大きなメッキ層を有する被検体のメッキ層の厚さを超音波により測定するものであって、ダンピングの大きい超音波探触子を使用して周波数のパルス成分と高い周波数のパルス成分とを含む送信超音波パルスを放射し、前記被検体に超音波を投入させて前記被検体から得られる底面エコーの受信信号をフーリエ変換し、このフーリエ変換したデータにおいて低い周波数の側の第1のピーク値とこれより高い周波数の側の第2のピーク値とを得て、第1のピーク値と第2のピーク値とのdB差を求め、測定する被検体と同様な試験片についてメッキ厚さと前記dB差との関係を実測した特性グラフ又はこれに対応するテーブルに基づき表面側及び内面側の前記メッキ層の厚さを求め、前記表面のメッキ層の厚さを別の手段により測定して前記表面側及び内面側のメッキ層の厚さから測定し

た前記表面のメッキ層の厚さを引くことにより前記内面側のメッキ層の厚さを得ることを特徴とする内面側のメッキ厚さについての超音波膜厚測定方式。

### 3. 発明の詳細な説明

#### [産業上の利用分野]

この発明は、超音波膜厚測定方式に関し、詳しくは、構築物に使用されているメッキされた鉄骨材や鋼管の内側のメッキ厚さを測定してその腐食状態を知ることができるような超音波による内側面メッキ厚さの測定方式に関する。

#### [従来の技術]

外気に晒される状態にある鉄骨材や鋼管等を使用した構築物では、腐食防止のために通常それらにメッキが施されている。このメッキは、表面のみならず、裏面側あるいは中側などの内側面にも行われている。特に、鉄塔とか、鉄橋などのように主として鉄骨材や鋼管を材料として組立てられる構築物に使用される部材は、たえず風雨に晒される鉄製の部材が多く、その長年に亘る耐久性を

保障するために内側にまで亜鉛等のメッキが施されているのが普通である。

#### [解決しようとする課題]

このような鉄製の構造物にあっては、その安全性や信頼性を維持し、管理する上で構成部材のメッキの品質やその経年変化を定期的に検査することが必要であって、その表面側（露出面側）の腐食状態は目視観察することなどで比較的容易に分かる。また、メッキの表面の厚さや腐食状態は、従来からある電磁誘導法や渦電流法、光、レーザ等による表面検査方法等を用いて調べることも可能である。

しかし、表面から隠れている内側のメッキの状態を目視観察することはできない。また、内面側のメッキの状態についての測定方法はないのが現状である。特に、ほぼ密閉状態にある鋼管などにあっては、長年の間風雨に晒された結果、継ぎ目部分などから水や塩水が浸透して内部に入り、内側のメッキ層や母材までも侵食される。そこで、そのような箇所を知るために部材の内部の状態を

検査することができるX線やγ線を利用して検査することが考えられるが、野外の構築物ではその大きさや場所等との関係で簡単にはこのような方法が採用できない。

この発明は、このような従来技術の問題点を解決するものであって、内側外側にかかわらず超音波によりメッキ厚等を膜厚を容易に測定することができる超音波膜厚測定方式を提供することを目的とする。

#### [課題を解決するための手段]

このような目的を達成するためのこの発明の超音波膜厚測定方式の構成は、表面側又は底面側が母材よりも超音波減衰量の大きな膜で被覆された被検体の被覆膜の厚さを超音波により測定するものであって、ダンピングの大きい超音波探触子（以下プローブ）を使用して周波数のパルス成分と高い周波数のパルス成分とを含む送信超音波パルスを放射し、被検体に超音波を投入させて被検体から得られる表面エコー又は底面エコーの受信信号をフーリエ変換（FFT）し、このFFT処理

をしたデータにおいて第1のピーク値とこれより高い周波数の第2のピーク値とを得て第1のピーク値及び第2のピーク値の一方を基準として他方を正規化した値に基づき被覆膜の厚さを測定するものである。

#### 〔作用〕

前記の構成のように、プローブを低い周波数のパルス成分と高い周波数のパルス成分とを含む送信超音波パルスを放射することにより1つの超音波の内部に2種類の成分の超音波を内在させて被検体に浸透させることができる。また、一般に、高い周波数の超音波の方が低い周波数の超音波よりも減衰しやすい。そこで、母材より減衰量の高いメッキ層のような薄い膜の層を前記のような高低周波数の異なる2種類の超音波が同時に通過したときに高い周波成分と低い周波成分との間に減衰率について差が生じる。これらの差はメッキ層の厚さに応じて相違し、厚さが厚くなれば差も大きくなる。

したがって、低い周波数のパルス成分と高い周

波数のパルス成分とを含む送信パルスにより得られたエコー受信信号にFFT処理をし、FFT処理されたデータに対して低い周波数側の第1のピーク値と高い周波数側の第2のピーク値とを採取して一方を他方の基準として正規化することで膜厚に関する測定データを得ることができ、膜厚の測定が可能になる。

#### 〔実施例〕

以下、この発明の一実施例について図面を参照して詳細に説明する。

第1図は、この発明を適用した一実施例の超音波検査装置のブロック図であり、第2図(a)は、100Ωのダンピングがなされている15MHzのプローブで超音波を放射した場合の送信超音波波形の説明図、第2図(b)は、そのフーリエ変換した周波数分布の説明図、第3図(a)は、底面側に亜鉛メッキした場合のメッキ層の厚さの測定状態の説明図、第3図(b)は、底面側に亜鉛メッキした軟鋼板について超音波測定で得られるその底面エコー受信信号をフーリエ変換して得た

周波数分布とメッキ厚さとの関係の説明図、第4図は、2つのピーク値の差とメッキ厚さとの関係を示す特性の説明図、第5図は、メッキ厚さを測定する場合の超音波検査装置の処理のフローチャート、第6図は、両面にメッキされた鋼管等の測定状態の説明図である。

さて、第1図において、20は、携帯型の超音波検査装置であって、1は、その探傷器部である。この探傷器部1は、パルサー・レシーバ等から構成され、送信端子11からプローブ13にパルス信号を送り、エコー受信信号を受信端子12で受けてそれを増幅し、アナログ信号としてA/D変換回路2に出力する。

プローブ13は、ここでは、100Ωのダンピングがなされている15MHzのプローブで超音波を放射した場合の送信超音波の波形を示すのが第2図(a)であり、ダンピングが大きいことから通常のパルス信号より歪みが大きく、低い周波数成分を多く含むパルス部分T<sub>1</sub>とこれより高い周波数成分を多く含むパルス部分T<sub>2</sub>とが含まれ

ている。この波形をFFT処理をした特性を示すのが同図(b)であって、この図にみるように、(a)の送信パルスは、5MHz付近と10MHz付近とにピークを持った双山の周波数分布を持つ送信波形21のようになっている。なお、プローブ13から打ち出される波形そのものを採取することはできないので、同図(a)のものは、JIS規格のSTB-A3を反射体として使用し、その底面エコーを採取して得たものであって、これは、プローブ13からの打ち出し波形あるいはそれに近い波形とみなすことができる。

第1図に戻って説明すると、A/D変換回路2は、探傷器部1から得られる送信波、表面反射波(表面エコー)、欠陥反射波(欠陥エコー)、底面反射波(底面エコー)等についての各アナログ信号を、例えば、50MHz(周期=20ns)程度の高い周波数でサンプリングする。そして、サンプリングしたこれらのアナログ出力をデジタル値に変換してマイクロプロセッサ(MPU)5が処理できる入力データ値としてバス13に送出する。

なお、ここでは、表面エコー、欠陥エコー、底面エコー等のうち特に底面エコーを採取する。

バス13には、ゲインダイヤル、カーソルダイヤル等を有するダイヤル式数値設定回路3とシートキーを有するキー入力回路4とが接続されていて、マイクロプロセッサ5は、これら回路からバス13を介してダイヤルにより設定される設定値及び各種のキー入力信号を受ける。

そこで、ゲインダイヤルにより探傷器部1に対するゲイン設定値(調整値)が入力されると、マイクロプロセッサ5は、探傷器部1の高周波増幅器のゲイン(増幅率)を制御し、ゲインダイヤルにより入力されたゲイン設定値に対応するゲインになるように高周波増幅器のゲインを設定する。

8は、バス13に接続されたRAMであり、A/D変換されたエコー受信信号についてのデジタルデータとROMカードによりロードされた各種のアプリケーション処理プログラムと入力キーにより指定された探傷モードを示すフラグ等の各種の情報やデータが格納されていて、さらに、画像

表示データをビット展開して記憶する画像メモリ部61が設けられている。また、第4図に示すような特性のグラフに対応するデータをテーブル化して記憶したメッキ厚さ特性テーブル8aを有している。

7は、ROMであり、これにはマイクロプロセッサ5が実行するエコー受信信号のデジタル値をRAM8の所定領域に転送する処理プログラムやROMカードからのプログラムをRAM8の所定領域に転送する処理プログラム、そして表示処理プログラム71等の各種の基本プログラムが記憶されている。

8は、ROMカードインタフェースであって、装置に装着されるROMカードとコネクタにより着脱できる関係で接続され、マイクロプロセッサ5の制御に応じてFFT処理プログラム等を搭載するROMカードに記憶されたFFT処理プログラム等をバス13に送出する。なお、MPU5は、ROMカードが装着されたときにそこに記憶されたプログラム等を読出してRAM8のそれぞれの

プログラムを格納する領域にそれぞれをロードする処理をする。

9は、RS-232Cインタフェースであり、外部の情報処理装置(特に、そのマイクロプロセッサ)とデータ交換をするための回路である。

10は、LCD表示装置であって、エコー受信信号の画像等のほか、FFT処理をされた波形画像を表示し、カーソル指定での画面入力機能を有している。その内部にはビデオメモリインタフェースとビデオメモリ、ビデオメモリの情報を読出してビデオ信号を発生するビデオメモリコントローラ、液晶駆動回路、そして、例えば、128×256ドット等のドットマトリックスの液晶表示器等とを備えていて、ビデオメモリインタフェースを介してバス13に接続されている。

ここで、RAM8には、メッキ厚さ特性テーブル8aのほかに、FFT演算プログラム8bと、周波数分布特性出力処理プログラム8c、画面入力処理プログラム8d、メッキ厚さ算出処理プログラム8e等とが格納される領域が設けられ、測

定の際にFFT演算プログラム8bはじめとするこれらプログラムがROMカードから転送される。

FFT演算プログラム8bは、RAM8の所定領域に記憶されたエコー受信信号(デジタル値)に対してFFTの演算処理をしてその結果をRAM8のデータ領域に記憶し、周波数分布特性出力処理プログラム8cを起動する。

周波数分布特性出力処理プログラム8cは、前記のFFTの演算結果データを読出してそれを周波数分布表示画面データとして展開し、画像メモリ部61に記憶して表示処理プログラム71を起動する。その結果、この画面データが画像メモリ部61からLCD表示装置10のビデオメモリに転送されてエコー受信信号の周波数分布の波形が表示される。この表示の後に周波数分布特性出力処理プログラム8cは画面入力処理プログラム8dを起動する。

画面入力処理プログラム8dは、エコー受信信号の周波数分布の表示画面上において、例えば、マウスカーソルによりオペレータが指定した2つ

のピーク位置  $P_1$ 、 $P_2$  (第3図(a)、(b)参照、ただし、 $P_1$  は  $P_2$  より低い周波数) についてピーク値  $p_1$ 、 $p_2$  (ただし、FFTされたデータのdB値) を画面上で指定された座標値に基づきFFTデータから抽出して、それをRAM6のパラメータ記憶エリアの  $p_1$ 、 $p_2$  の位置に書き込み、メッキ厚さ算出処理プログラム6eを起動する。

メッキ厚さ算出処理プログラム6eは、前記の  $p_1$ 、 $p_2$  の値をパラメータ記憶領域から読出し、差値  $\Delta h = p_1 - p_2$  を算出して差値  $\Delta h$  を参照キーとしてメッキ厚さ特性テーブル6aを参照し、第4図に示すような特性のグラフ22の差値  $\Delta h$  に対応するメッキ厚さ  $t$  を得てRAM6のデータ領域に記憶するとともに、それを画素展開して画像メモリ部61に記憶して表示処理プログラム71を起動する。その結果、表示処理プログラム71によりメッキ厚さ  $t$  の値が画像メモリ部61からLCD表示装置10のビデオメモリの所定の位置に転送されて画面上に表示される。なお、

キを施した特性であり、22bは、板厚1.2mmの軟鋼板に対して厚さ130μmでの同様な特性、22cは、板厚1.2mmの軟鋼板に対して厚さ210μmでの同様な特性である。なお、これらの特性は、それぞれの特性において5MHz前後の低い周波数側の第1のピーク  $P_1$  の値が一致するように減衰量のおおきなエコー受信信号(厚いメッキ層)については、そのFFT処理データに対して縦方向(出力=dB)側スケールを拡大した形で表示している。言い換えれば、厚さ30μmで亜鉛メッキを施した特性の第1のピーク  $P_1$  にそれ以外の他の特性の第1のピーク  $P_1$  の値を一致させて正規化し、それぞれの特性の第2のピーク  $P_2$  の値がどの程度となっているかを、第1のピーク値に対する第2のピーク値の割合(%)として表示している。

この特性で分かるように、10MHz前後の第2のピーク  $P_2$  の値  $p_2$  は、厚さに応じて減衰量が大きくなるような変化が見られる。そこで、底面エコー受信信号のFFT値として得られる第2

差値  $\Delta h = p_1 - p_2$  は、dB値であるので対数の引き算をしていることから差値  $\Delta h$  は、第2のピーク値を第1のピーク値で割った割合を示し、第2のピーク値を第1のピーク値で正規化していることになる。

第3図(b)は、第2図(a)に示すダンピングなされたプローブの送信波で第3図(a)に示すように底面側に数十〜数百μm程度で亜鉛メッキ14を施した厚さ1.2mmの軟鋼板15を超音波探傷してその底面エコーの受信信号を採取し、それをFFT処理して画面上に表示した場合の周波数分布結果である。

一般に、亜鉛あるいは亜鉛メッキ層は、鋼板(母材)よりも超音波の減衰量が大きいので、前記のようにメッキ層が薄くても高い周波数での減衰量は、低い周波数での減衰量よりも明らかに大きく、底面エコーはメッキ14の厚さに影響された波形となる。

すなわち、このグラフにおいて22aは、板厚1.2mmの軟鋼板に対して厚さ30μmで亜鉛メッキ

のピーク  $P_2$  の値  $p_2$  を第1のピーク  $P_1$  の値  $p_1$  で割って正規化すれば、底面側での亜鉛のメッキ厚さの測定が可能である。

ところで、第2図の(a)に示すように、送信波形自体にも第1のピーク値と第2のピーク値との間に  $\Delta h$  の差がある。したがって、これらの差値自体は、送信波に影響され、これとの相対的な関係にある。そのため第4図に示す特性グラフ17をテーブル化して用いる。この特性グラフ17は、測定時と同じ送信波形においてメッキ厚さ  $t$  に対応する深さの傷をその底面につけた所定の厚さの試験片を測定し、前記差値  $\Delta h$  とメッキ厚さ  $t$  との関係を測定したものである。

すなわち、この第4図はメッキ厚さを測定するために試験片を測定した一例であって、これは、実施例に対応してプローブのダンピング特性を100Ωとし、規定された電圧の送信パルスを生じて規定された15MHzのプローブを駆動して得た底面エコーをFFT処理をし、この底面エコー受信信号のFFTデータ(dB値)に対して第1

のピークのところの値及び第2のピークのところの値の差( $=\Delta h$ )とメッキ厚さ $t$ との関係についてメッキ厚さ $t$ (傷の深さ $d$ )が既知の試験片を実測した特性である。

そこで、実際のメッキ厚さ測定に当たっては、この特性グラフ17をテーブル化してメッキ厚さ特性テーブル8aとして記憶し、前記と同じ条件でプローブ13を駆動して超音波測定を行うことになる。このようにすれば、前記の100Ωでダンピングがなされたプローブに対して規定された送信パルスを発生して超音波測定を行い、その底面エコー受信信号についてFFT処理をして、第1のピークの値(dB値)と第2のピークの値(dB値)との差値 $\Delta h = p_1 - p_2$ を算出し、この差値 $\Delta h$ によりメッキ厚さ特性テーブル8a(前記特性グラフ17)を参照することで底面側のメッキ厚さを得ることができる。

次に、底面エコーを採取してFFT処理をしたデータにより前記の方法で裏面側のメッキ厚さを測定する処理について第5図に従って説明する。

はNO条件が成立してその入力キーに対応する他の測定処理となり、メッキ厚さ測定キーが入力されたときには、ここでYES条件が成立して次のステップ④へと移る。

ステップ④では、ROMカードからメッキ厚さ特性テーブル8aと、FFT演算プログラム6b、周波数分布特性出力処理プログラム6c、画面入力処理プログラム6d、メッキ厚さ算出処理プログラム6e等の読み込み処理が行われる。

これが終了すると、次のステップ⑤で測定開始か否かを測定開始キーやプローブ等に設けられている測定開始スイッチが入力されたか否かによって判定する。なお、このときには、プローブ13は、第3図(a)に示すように、例えば、亜鉛メッキ14が施された軟鋼板15に対応する被検体においてそのメッキ厚さ $t$ の測定部分に対応する表面側に当てられている。そして、測定開始キー、測定開始スイッチ等が入力されたときには、ステップ⑥へと移り、測定処理に入る。ここで、探傷器部1から送出された送信パルス信号がダンピン

まず、第5図のステップ①において、装置を探傷モードに設定するために探傷モードの機能キーをキー入力回路4から入力する。次のステップ②において、この入力情報を受けてROM7に記憶された所定の処理プログラムが起動されてマイクロプロセッサ5がそれを実行し、ゲインがダイヤル式数値設定回路3のゲインダイヤルにより設定され、測定条件や測定範囲等がキー入力回路4のキーによりオペレータ(測定者)から入力される。その結果、これら入力情報とROM7に記憶された処理プログラムによってマイクロプロセッサ5が動作してその制御により探傷器部1の利得がゲインダイヤルに従って設定され、装置自体の探傷機能が生ずる。なお、このときの測定条件の1つとしてここでは底面エコーを採取するようにゲート位置が設定される。

次のステップ③では、超音波探傷において判定基準となるメッキ厚さ測定処理を行うか否かを、入力される機能キーにより判定する。ここで、所定のメッキ厚さ測定キー以外のキーが入力され

グがなされたプローブ13に加えられ、第2図(a)に示すような送信波形でプローブ13が駆動される。それに応じて得られる軟鋼板(被検体)からの底面エコーをプローブ13が受けてそのエコー受信信号がゲートに応じて採取され、それがA/D変換されてROM7に記憶された基本プログラムに従ってMPU5によりRAM6に転送されて記憶される。

次に、ステップ⑦で、FFT演算プログラム6bが起動され、MPU5により実行されて採取された底面についてのエコー受信信号に対してFFTの演算処理が行われ、その結果がRAM6に記憶される。

次のステップ⑧では周波数分布特性出力処理プログラム6cが起動され、MPU5により実行されてLCD表示装置10の画面上に底面のエコー受信信号をフーリエ変換した周波数分布画像が表示され、画面入力処理プログラム6dが起動される。

ステップ⑨では、表示された周波数分布画像に



対してオペレータがカーソルにより2つのピーク  $P_1$ 、 $P_2$  の位置を指定する処理が行われる。2つのピークの位置が順次指定されると、画面入力処理プログラム8dがカーソルで指定された位置の座標データに基づきFFTのデータから2つのピーク値(最大値)  $P_1$ 、 $P_2$  (dB値)を得て、メッキ厚さ算出処理プログラム6eを起動する。

次のステップ⑩では、メッキ厚さ算出処理プログラム6eにより前記の2つのピーク値  $P_1$ 、 $P_2$  のデータから差値  $\Delta h$  が算出され、それに基づきメッキ厚さ特性テーブル8aが参照されてメッキ厚さが求められ、それがRAM6に記憶されるとともにLCD表示装置10に表示される。

ステップ⑩では、繰り返し測定するか、終了かが人力回路4からのキー入力により判定され、測定終了の機能キーがオペレータから入力されないとき(これ以外のキーのとき)にはステップ⑤へと戻って前記と同様な測定処理が繰り返される。なお、ここで、終了キーが入力されればこの処理は終了する。

チで測定し、この測定に応じて自動的に位置を跳んでもよい。そして、この測定位置対応に表裏合計のメッキ厚さの測定データをRAM6に記憶する。

次に、従来からの電磁誘導法や渦電流法、光、レーザ等による表面検査方法を用いて前記の位置対応に鋼管17の表面のメッキ厚さの測定をし、そのデータを他の測定装置あるいはホストコンピュータ等の情報処理装置からRS-232Cインタフェース9を介してRAM6に転送する。ここで、先に採取した底面エコーによるメッキ厚さから表面検査方法による表面のメッキ厚さを位置対応に引き算することで裏面側(内面側)のメッキ厚さを測定位置対応に算出する。

なお、この場合、超音波検査装置20のRAM6に記憶した位置とメッキ厚さとのデータを他のコンピュータ等に入力し、ここで従来の表面検査方法で測定したメッキ厚さを引いて内面側のメッキ厚さを求める演算処理をしてもよいことはもちろんである。

ところで、前記の測定処理においては、ステップ④のFFT演算プログラム等の読込み処理は、ステップ①の装置を探傷モードに設定する前に行ってもよいことはもちろんである。

以上は、裏面側にメッキされた部材の測定処理であるが、表裏両面にメッキされている場合には、前記の測定は表裏の合計のメッキ厚さになる。すなわち、表裏のメッキ厚さを測定する場合も前記と同様に底面エコーを採取するが、超音波が表面のメッキ層を通過するので底面エコーの特性は表裏面のメッキ厚さを加えたものとなる。

そこで、第6図に部分断面図として示す鋼管17のように内面にメッキされている場合の内面側のメッキ17aの部分の厚さを測定する場合について次に説明する。

内側のメッキ厚さを測定する場合には、前記の第5図の処理を行い、まず、表裏合計のメッキ厚さを鋼管17の位置データ(プローブ13の走査距離)とともに採取する。この位置データは、測定の都度、キーボードから入力しても所定のビッ

ところで、この例では、表面のメッキ厚さを表面エコーを採取することなく、従来からの電磁誘導法や渦電流法、光、レーザ等による表面検査方法を用いて測定しているが、これは、腐食状態を測定する場合に適する方法である。なぜなら、メッキ厚さにはばらつきが多いこと、超音波の測定の場合にはプローブの大きさで超音波ビームの大きさがある程度決まり、それが範囲をもって(通常は数ミリ〜十数ミリ程度どの範囲)のである範囲のメッキ厚さを測定することになることなどにより、少なくとも一方の表面側の面の厚さはより正確な厚さ測定が好ましいからである。

以上のようにしてメッキ厚さが測定できれば、例えば、たえず風雨に晒される鉄製の部材の内側のメッキ厚さが測定でき、それにより腐食状態を知ることができる。なお、腐食状態の測定に当たっては、メッキ厚さが最初の塗装状態のばらつき(例えば、メッキ膜厚100 $\mu$ m程度で $\pm 40\mu$ m程度のばらつき)の範囲を越えて薄くなっているところが腐食により侵食されているとする。さ

らに、メッキ厚さがほとんどない状態では、メッキ層を越え、母材まで侵食されていると判定することができる。

以上説明してきたが、実施例では亜鉛メッキを鉄材に施した例を挙げている。しかし、これは一例であって、メッキは銅等のメッキであってもよい。また、メッキされる側は樹脂やセラミックス等であってもよい。要するに減衰量の大きな被覆層を有する材料であればよい。したがって、この発明における被覆層はメッキに限定されるものではなく、母材の材料は鉄に限定されるものではない。

実施例では、底面又は内側面についてのメッキ厚さについて説明しているが、この発明は、表面だけのメッキあるいは被覆層であってよく、被覆層は2つの部材の境界面のようなところであってもよい。なお、この境界面は、手前の部材では底面であり、次の部材では表面となるので表面又は底面の測定にこれらは含まれる。

実施例では、第1のピーク値を基準として第2

のピーク値を第1のピーク値で割って正規化した値を求めているが、これは、逆に、第2のピーク値を基準として第1のピーク値を第2のピーク値で割って正規化した値を求めてもよい。なお、このような場合には、第4図の特性グラフもそれに対応させるとよい。

#### 〔発明の効果〕

以上の説明から理解できるように、この発明にあっては、低い周波数のパルス成分と高い周波数のパルス成分とを含む送信超音波パルスにより得られたエコー受信信号にFFT処理をし、FFT処理されたデータに対して低い周波数側の第1のピーク値と高い周波数側の第2のピーク値とを採取して一方を他方の基準として正規化することで膜厚に関する測定データを得ることができるので、膜厚の測定が可能になる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は、この発明を適用した一実施例の超音波検査装置のブロック図、第2図(a)は、100Ωのダンピングがなされている15MHzのプ

ローブで超音波を放射した場合の送信超音波波形の説明図、第2図(b)は、そのフーリエ変換した周波数分布の説明図、第3図(a)は、底面側に亜鉛メッキした場合のメッキ層の厚さの測定状態の説明図、第3図(b)は、底面側に亜鉛メッキした軟鋼板について超音波測定で得られるその底面エコー受信信号をフーリエ変換して得た周波数分布とメッキ厚さとの関係の説明図、第4図は、2つのピーク値の差とメッキ厚さとの関係を示す特性の説明図、第5図は、メッキ厚さを測定する場合の超音波検査装置の処理のフローチャート、第6図は、両面にメッキされた鋼管等の測定状態の説明図である。

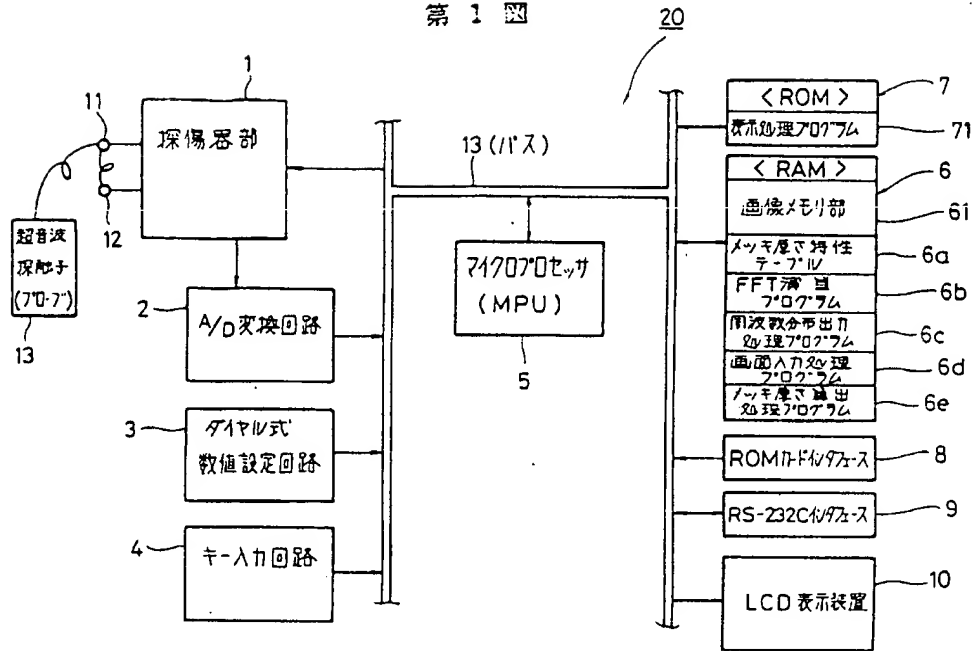
1…超音波探傷器部、2…A/D変換回路、3…ダイヤル式数値設定回路、4…キー入力回路、5…マイクロプロセッサ(MPU)、6…RAM、6a…メッキ厚さ特性テーブル、6b…FFT演算プログラム、6c…周波数分布出力処理プログラム、6d…画面入力処理プログラム、6e…メッキ厚さ算出処理プログラ

ム、7…ROM、8…ROMインタフェース、9…RS-232Cインタフェース、10…液晶表示装置(LCD表示装置)、20…携帯型の超音波検査装置、21…送信波形のフーリエ変換特性のグラフ、22…差値-メッキ厚さ特性のグラフ。

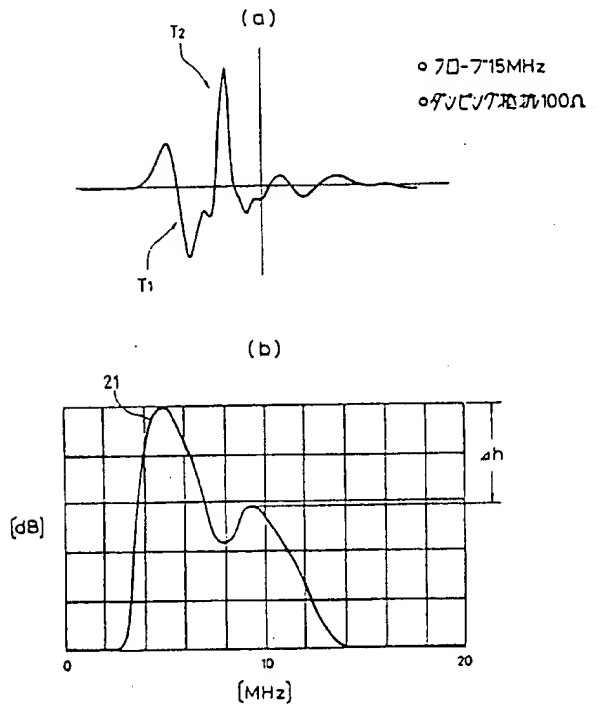
特許出願人 電 源 開 発 株 式 会 社  
開 発 電 気 株 式 会 社  
日 立 建 機 株 式 会 社

代理人 弁理士 梶 山 信 是  
弁理士 山 本 富士男

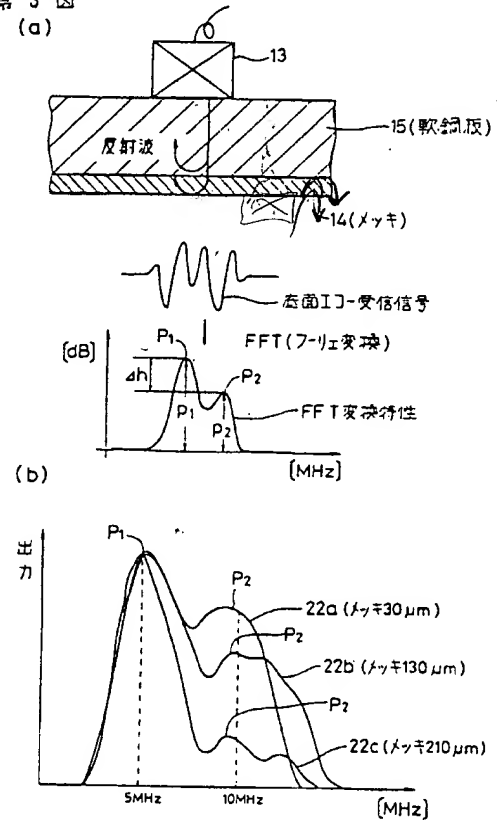
第 1 図

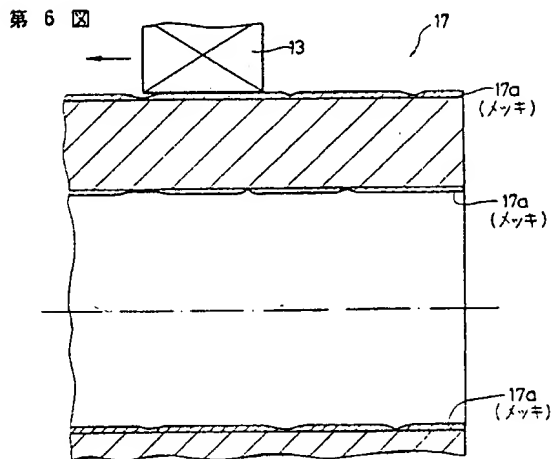
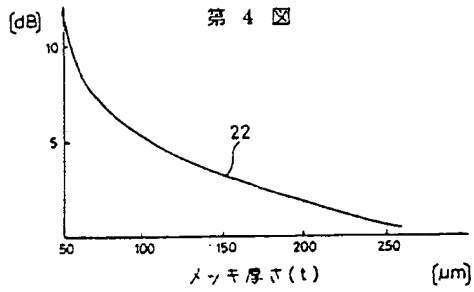


第 2 図



第 3 図





第 5 図

